中華農業研究（Jour. Agric. Res. China）44(4)：464～469（1995）

紅外線香菇乾燥與自動監控系統之建立[1]

賴建洲　周廷弘　梁連勝[2]

摘要：在香菇乾燥作業之傳統上，是靠燃燒木材或石化燃料所產生之能量來加熱空氣的。在本研究中，嘗試以紅外線作爲乾燥能源之可行性。若熱空氣之溫度或流速太高，會使菇體變黑，表面皺縮，造成品質之降低。因此，在乾燥過程中，菇體上能量分佈與水份移動之控制是非常重要的。

在本研究中已使用個人電腦與 AD/DA 界面模組，裝設完成一資料擷取與控制系統，此控制程式使用 MS Quickbasic 語言撰寫，可於乾燥過程中，即時量取空氣之乾、濕球溫度、菇體表面溫度及香菇重量。而均化之效果（每小時15分鐘），亦在研究之列。

試驗結果顯示，紅外線乾燥法是一具相當潛力之香菇乾燥方式，其所需乾燥時間爲傳統燃燒燃料乾燥法之三分之一。所需電費較昂貴是該法現階段最大之缺點，然而，仍可被安裝成在急需時之備用裝置。在乾燥中使用均化處理，可導致高品質之產品，在不延長乾燥時間之情況下，可節省四分之一之能量。

關鍵詞：紅外線乾燥、香菇、自動監控、均化。

香菇的成份除80～90％之水份外，其餘爲維生素、麥角醇、灰分、純蛋白、粗蛋白、纖維質、醣類等，可利用段木或太空包栽培爲之[3]。段木栽培係將原木截成長 1 至1.5公尺之木頭後，再以鑽孔機於段木表面均勻鑽孔，並在孔內接種香菇菌種，堆置於陰棚下，經約半年之時間，即可開始採收，每次採後經過約一個月即可再採，可連續採收三年。而太空包栽培則係將原木細切成木屑後與適量之米糠、玉米、碳酸鈣等調配成栽培介質，用水混合均勻後置入 PE 塑膠布袋中，以蒸氣殺菌數小時後，將香菇菌接種於袋內，置於陰棚或環控室內之立體架上，經 3 ～ 4 個月袋內菌絲突起且頂部表面顏色轉變成褐色後，將袋口割開，約經 7 ～10天即可採收，每次採收後經過約21天即可再採，共可採收 4 ～ 6 次。兩種栽培管理方式各有利弊，但產量與品質均具隨採收次數之增加而降低之特性。根據農林廳統計[4]，臺灣省在81年乾香菇之總產量爲3,495公噸，其中段木栽培產量爲720公噸（乾菇），宜蘭縣與南投縣約佔78％；而太空包栽培之產量爲2,775公噸（乾菇），臺中縣與南投縣即佔了95％。通常鮮菇之含水率約爲90％，每百公斤鮮菇約需耗用40公升之柴油，方能完成乾燥；所得到約10公斤之乾菇，若加上人工費用，每公斤乾菇之乾燥費用約爲50元。準此；臺灣一年乾燥香菇之成本支出約爲 1 億 7 千萬元，而能源之耗費則高達約 1 千 4 百萬公升柴油。

材料與方法

目前香菇之乾燥方式，係以風扇強制將空氣通過熱交換器後將菇體加熱，同時將表面之水份帶走

---

1. 臺灣省農業試驗所　研究報告第 1815 號。
2. 本所農工系助理研究員、助理、研究員兼主任。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。

，而達到乾燥之目的。每批乾燥量爲200公斤鮮菇，乾燥所需時間爲16～20小時。每逢香菇大量生產時，常導致乾燥機不敷使用。香菇之傳統乾燥法，其乾燥初期三小時之溫度爲30—40°C，隨後以60—70°C熱風完成乾燥；較先進之業者則利用計時器（TIMER）將整個乾燥作業區分成四個階段來控制。在乾燥過程中，由於香菇體之大小、厚度不一，常會造成過乾或未乾之現象[1]。

本實驗採以紅外線直接照射之方式來進行，同時檢測香菇在乾燥過程中重量與表面溫度之變化。採用之材料與試驗方法如下：

一、鮮採香菇

由在農試所旁栽培香菇之菇農趙守仁處取得，於採收後馬上進行乾燥。

二、紅外線產生器

由於紅外線之波長分佈甚廣，爲使其所輻射之熱能被香菇吸收，所使用之波長必需對香菇表面之反射率最低，由圖 1 可知不同波長之紅外線對香菇表面反射率之分佈情形。

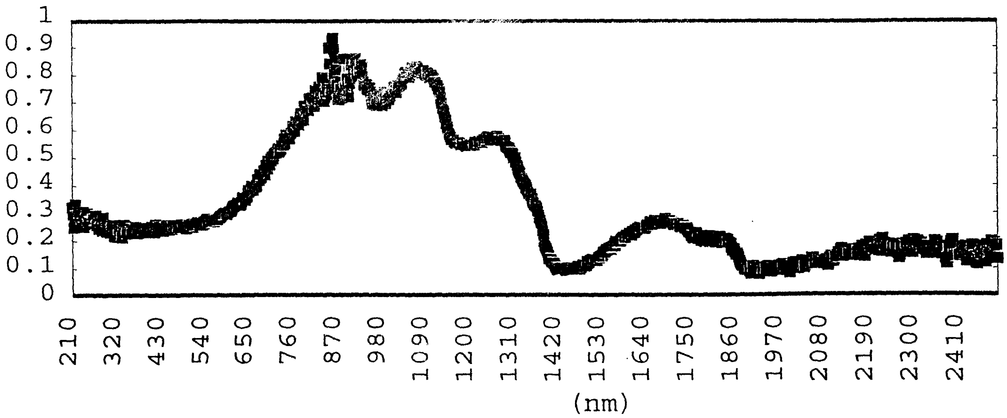

圖 1. 鮮香菇對不同光波波長之反射率
Fig. 1. Spectral Reflectivity of fresh shiitake mushroom

因此紅外線產生器之選擇，應以波長爲1,400nm 或1,900nm 爲佳。

三、感應材料

(一)電子秤

採用 OHAUS-GT400，具 RS232輸出功能之電子秤，利用電腦在乾燥過程中即時擷取被測物之重量，用以換算香菇之含水率。

(二)乾、濕球溫度計

除使用一支 PT-100來偵測空氣之乾球溫度外，將另一支 PT-100覆上不織布來檢測空氣之濕球溫度，經轉換器（Transducer）將二支 PT-100之訊號轉換成 0 - 5 V 之類比訊號，再利用電腦監控系統擷取，轉換成數值，並使用濕空氣熱力特性計算公式，計算求得當時之相對濕度。

(三)紅外線溫度計

使用具有電壓輸出之紅外線溫度計（TASCO THI-500）來檢測香菇表面之溫度，再利用電腦監控系統擷取輸出之訊號。

四、乾燥室

爲一60×50×60（cm）不銹鋼製之乾燥模擬室，用鐵網將上下共分三層，層間距爲15公分，由側邊風扇產生一10m/s 風速之氣流通過。

五、電腦監控系統

以 CPU 爲486—33之 IBM 相容個人電腦，配合研華科技公司所生產之類比輸出／入界面模組系列（ADAM SERIES）與 PT-100溫度感測材料，並使用 Quick Basic 4.0語言撰寫程式，可同時量測乾燥室入風口與出風口之乾、濕球溫度、菇體表面溫度與菇體重量，進而同步換算出當時之相對濕度、乾減率，作爲判斷是否啓動乾燥系統之依據。同時記錄所有量測值，以供日後之分析使用。

六、試驗成果之分析

依據乾燥時所記錄之氣體溫、濕度與菇體表面溫度、重量之變化來分析乾燥時菇體內之水分乾減率與溫度之關係，進而建立操作簡易、適合農民用之乾燥模式。

結　果

一、香菇乾燥自動監控系統

本系統使用個人電腦之二個串列埠（RS232之 COM1 與 COM2）進行資料與控制訊號之傳輸，其一擷取電子秤之載重量，另一不但可擷取空氣溫、濕度、菇體表面溫度等，尙可依控制策略來控制紅外線與風扇之啓閉。控制軟體之操作流程如圖 2 所示：

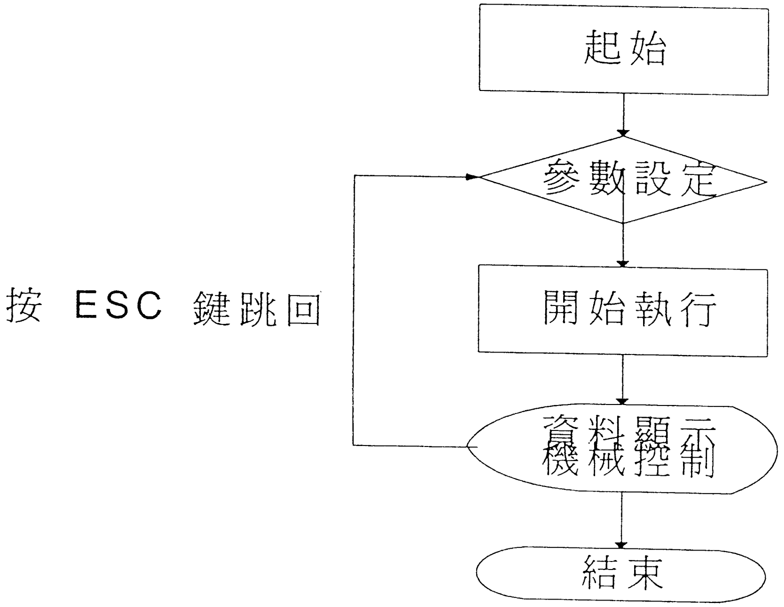

圖 2. 香菇乾燥自動監控系統流程圖
Fig. 2. Flow chart of the automatic control on shiitake mushroom drying

而整個電腦自控系統示意如圖 3

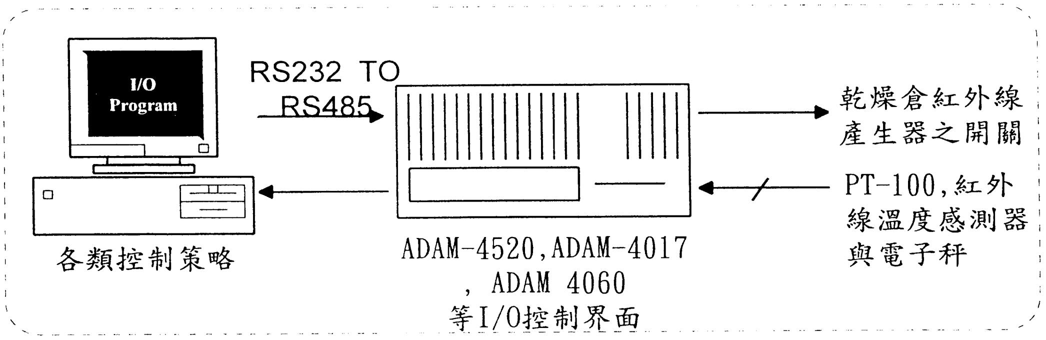

圖 3. 香菇乾燥自動監控系統示意圖
Fig. 3. automatic control system of shiitake mushroom drying

二、紅外線乾燥試驗結果

在使用紅外線爲乾燥熱源之情況下，利用香菇乾燥自動監控系統，維持菇體表面溫度在65°C，將初始含水率爲92%之全菇（含菇柄）乾燥至13%之乾菇，所用時間約 6 — 7 小時，其含水率之變化如圖 4 所示。

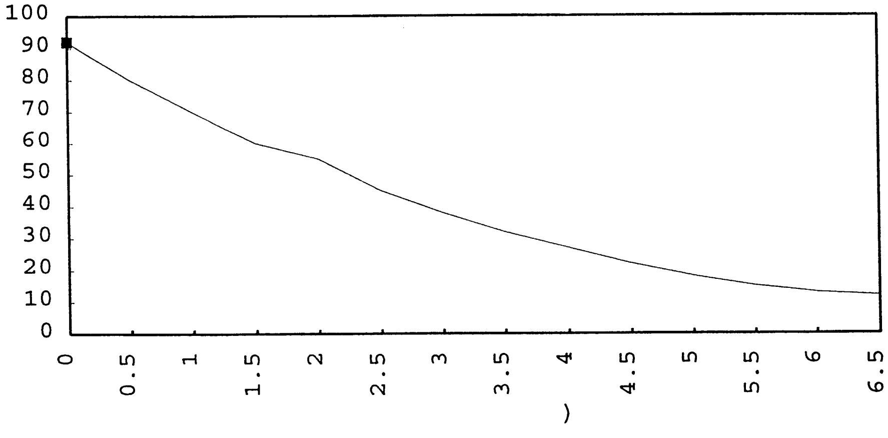

圖 4. 無均化處理時香菇含水率隨乾燥時間之變化
Fig. 4. moisture content varies with drying time of shiitake without tempering

若在同樣乾燥作業條件下，每乾燥一小時，將紅外線產生器停止15分鐘，其結果如圖 5 。可知，其整體乾燥時間，若將停止時間扣除，實際乾燥時間，反而較爲減少。換言之，耗電量減小，節約成本。

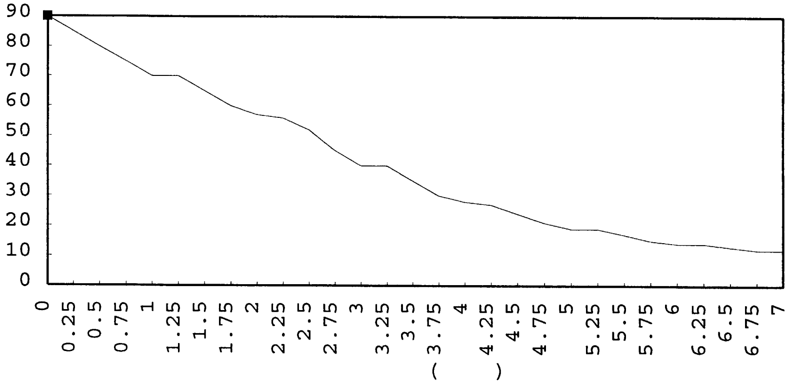

圖 5. 有均化處理時香菇含水率隨乾燥時間之變化
Fig. 5. moisture content varies with drying time of shiitake with tempering

討　論

一、傳統間接加熱之熱風乾燥方式，所耗用時間約爲16小時[5]，而以紅外線爲熱源直接乾燥，因紅外線深入菇體內部，故乾燥速率爲傳統式之2－3倍。雖然紅外線乾燥速率極快，可有效解決香菇盛產期乾燥機不足之窘境，但溫度之控制非常重要，否則容易造成燒焦之現象。另外其所需電力之消耗與元件之價格等成本效益因子，皆必需深入考慮。

二、在稻米乾燥過程中，穀粒內部水份愈少，其移動愈遲緩、減乾率愈低，透過均化（Tempering）之處理，可有效降低胴裂[6]。對乾燥末期之減乾率可提高2－3倍[2]。均化處理一樣適用於香菇乾燥，在乾燥過程中，均化不但可減少能源之耗用，更可使菇體表面之皺縮度減少，且更有光澤。

筆者試將合作試驗菇農趙守仁之傳統乾燥機改由定時器控制，結果總乾燥時間較往常減少1－2小時，菇體外觀更爲光滑，所耗用之能源也更爲節省，因此均化時間對香菇乾燥之影響，值得更進一步研究。

誌　謝

臺灣大學農機系陳世銘教授協助測試香菇表面反射率、菇農趙守仁、趙世民先生於試驗中熱心指教，並提供新鮮香菇一批作爲試驗材料，使本試驗得以順利進行，謹此致謝。

引用文獻

1. 王宏智、陳俊明、尤瓊琦、王豐政。1995。香菇乾燥基本特性之研究。農業機械學刊 4(1)：1—13。
2. 農委會。1983。香菇木屑塑膠包栽培。農民淺說255A。行政院農委會。
3. 陳貽倫。1995。均化對稻穀薄層乾燥之影響。農業機械學刊 4(1)：49—55。
4. 臺灣省政府農林廳。1993。臺灣農業年報。102—103頁。
5. 盧福明、李允中。1989。香菇乾燥機之研製。財團法人農業機械研究發展中心。
6. Ban, T.1971. Experimental studies on cracks of rice in artifical drying. Techincal Report No. 8. Omiya, Japan：Inst. of Agri. Machinery.

Infrared Drying of Shiitake Mushroom and the Development of a Data Acquisition and Control System[1]

Chien-Chou Lai, Tyng-Horng Chou and Lian-Seng Liang[2]

Summary

Traditionally, the energy source for the heated air in shiitake mushroom drying is fossil fuel. In this study, the feasibility of using the infrared lamp was studied. when the temperature and/or the flow rate of heated air are too high, the fruit body of the mushroom will easily turn black with a sign of burning, and its appearance will wrinkle due to uneven shrinkage, which lead to poor quality products. Thus, the control of the distribution of the energy and the water movement upon fruit body are of great importance during the drying process.

A data acquisition and control system was set up using personal computer with AD/DA interface cards. The control program was written in MS Quickbasic. Sensing signals such as dry bulb and wet bulb temperature of air, surface temperature and weight of fruit body were measured in real time. During the drying process, the effect of tempering (15 minutes within each hour) was also studied.

The results are promising. Infrared lamp can be a potential mean in drying shiitake mushroom. The drying time required in infrared system needs only one third of that in the traditional fuel burning system. The electricity fee is the major drawback at the present time, yet it can be installed as a backup whe in need. Drying with tempering can lead to a higher quality products. One fourth of the energy can be saved without prolonging the drying time.

Key words : Infrared drying, Shiitake, Automatic control, Tempering.

1. Contribution No. 1815 from the Taiwan Agriculture Reasearch Institute.
2. Assistant Researcher, Assistant and Senior Engineer Department of Agricultural Engineering, TARI, Wufung, Taichung, Taiwan, ROC.